

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Электродвигатель системы жизнеобеспечения для экипажа космических станций УДК 629.027.3.047-567

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Куприянова Ульяна Егоровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дмитриев Виктор Степанович	к.т.н. профессор		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	к.т.н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н. доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков Анатолий Николаевич	к.т.н. доцент		

Томск – 2018 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки (специальность) 12.03.01 Приборостроение  
Уровень образования Бакалавриат  
Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии  
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.18 г.
--	-------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20 апреля	Обзор научной литературы по теме	10
15 марта	Выбор конструкторско-кинематической схемы электродвигателя	5
30 марта	Выполнение расчетов размеров двигателя и написание теоритической части диплома	20
20 апреля	Разработка сборочного чертежа электродвигателя	20
10 мая	Разработка 3D модели спроектированного электродвигателя	20
25 мая	Составление доклада и оформление расчетно-пояснительной записки	20
3 июня	Корректировка ВКР по результатам обсуждения на защите	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дмитриев Виктор Степанович	д.т.н., профессор		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков Анатолий Николаевич	д.т.н., доцент		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки (специальность) 12.03.01 Приборостроение

Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Куприяновой Ульяне Егоровне

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	17.04.2018 №2647/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.18
--	----------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Электродвигатель системы жизнеобеспечения для экипажа космических станций.</p> <p>Тип – электродвигатель постоянного тока. Режим работы – непрерывный. Мощность <math>P_n=60</math> Вт. Вес max 2 кг. Габаритные размеры: диаметр 240 мм max; длина 140 мм max. Угловая скорость 3000 об/мин.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор литературных источников, патентов, журналов, статей, сайтов производителей. Цель работы – проектирование бесконтактного электродвигателя постоянного тока с улучшенными акустическими и массогабаритными показателями, отвечающими современным тенденциями развития науки и техники.</p> <p>Дополнительные разделы: финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.</p>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Сборочный чертеж электродвигателя, 3D модель электродвигателя.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович	
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</b>		
Все		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.02.18 г.
--	-------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дмитриев В.С.	д.т.н. профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Куприянова У.Е.		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Куприяновой Ульяне Егоровне

Тема: Электродвигатель системы жизнеобеспечения для экипажа космических станций

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление / специальность	Приборостроение

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в электронных ресурсах компаний, занимающихся поставками оборудования
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Потенциальные потребители результатов исследования - Анализ конкурентных технических решений; - Технология QuaD; - SWOT-анализ.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	- Составление морфологической матрицы.
3. Планирование научно-исследовательских работ	- Составление календарного план-графика выполнения ВКР.

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка;
2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений;
3. Оценочная карта качества и перспективности;
4. SWOT анализ;
5. Морфологическая матрица;
6. Календарный план-график.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук, доцент		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Куприянова Ульяна Егоровна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Куприяновой Ульяне Егоровне

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования – бесконтактный электродвигатель постоянного тока
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Производственная безопасность</b>	<p>Производится анализ выявленных вредных факторов при проектировании, таких как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение параметров микроклимата;</li> <li>– Повышенный уровень статического напряжения;</li> <li>– Повышенный уровень электромагнитного излучения;</li> <li>– Отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны.</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов производственной среды, таких как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Воздействия на окружающую среду нет
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.</li> </ul>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Куприянова У.Е.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 55 с., 8 рис., 13 табл., 13 источников, 2 прил.

Ключевые слова: электродвигатель, бесконтактный двигатель постоянного тока, шум, вибрация, массогабаритные характеристики, конструирование.

Объектом исследования является бесконтактный электродвигатель постоянного тока системы жизнеобеспечения для экипажа космических станций.

Цель работы – проектирование электродвигателя с улучшенными акустическими и массогабаритными характеристиками.

В процессе работы проводились расчетно-проектные работы эксплуатационных характеристик электродвигателя с улучшенными акустическими показателями.

В результате исследования были улучшены масса двигателя до 0,71 кг и уменьшены габариты до 142 мм, а также применены технические решения для улучшения шумовых характеристик.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: мощность 60 Вт; частота вращения 3000 об/мин; диаметр 142 мм max; длина 75,5 мм max.

Степень внедрения: сравнительный анализ технических характеристик с существующими прототипами (на примере электродвигателей, выпускаемых в «НПЦ«Полюс».

Область применения: используется в системе жизнеобеспечения на космических станциях.

Экономическая эффективность/значимость работы: перспективность разработки 0,73, выше среднего.

В будущем планируется продолжение проектно-исследовательских работ при написании магистерской диссертации.

## Содержание

Введение.....	10
Глава I Электродвигатель системы жизнеобеспечения .....	13
1.1 Бесконтактный двигатель постоянного тока.....	13
1.1.1 Описание функциональных узлов.....	13
1.1.2 Принцип действия.....	14
1.1.3 Достоинства электродвигателя.....	15
1.2 Динамический режим электродвигателя .....	16
1.2.2 Причины механических колебаний .....	16
1.2.2 Динамика вибрационного движения электродвигателя .....	17
1.3 Расчетная часть.....	19
1.4 Описание конструкции электродвигателя.....	23
1.4.1 3D модель.....	23
1.4.2 Обоснование примененных материалов.....	25
Глава II Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	27
2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	27
2.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	27
2.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	28
2.1.3 Технология QuaD .....	31
2.1.4 SWOT-анализ .....	32
2.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	37
2.3 Планирование научно-исследовательской работы.....	38
Глава III Социальная ответственность.....	40
3.1 Производственная безопасность .....	41
3.1.1 Отклонение параметров микроклимата.....	42
3.1.2 Повышенный уровень статического напряжения .....	42
3.1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	43
3.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	43
3.1.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, которое может пройти через тело человека.....	44



3.2 Экологическая безопасность.....	45
3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	46
3.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	49
3.4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	49
3.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	50
Заключение .....	51
Список публикаций студента.....	53
Список использованных источников .....	54
ФЮРА.525162.005.СБ .....	на отдельной странице
ФЮРА.525162.005.СП.....	на отдельной странице

## **Введение**

В настоящее время полеты на околоземную орбиту являются чем-то обыденным. Однако человечество иногда не задумывается, как существуют космонавты и астронавты на международной космической станции, как циркулирует воздух по помещениям, ведь без земной гравитации потоки теплого и холодного воздуха не перемешиваются самостоятельно. Поэтому на станции круглосуточно работают мощные вентиляторы, принудительно смешивая их.

Известно, уровень шума, вырабатываемый вентиляторами, находится в пределах 80 Дб, что соответствует громкому разговору. Система жизнеобеспечения работает, постоянно воздействуя на экипаж станции, и им приходится спать в берушах.

Вентилятор состоит из электродвигателя и механически соединенных с ним определенной формы лопаток. Вращаясь, лопатки врезаются в окружающий их воздух и перемещают его. То есть вентилятор включает в себя два узла, которые генерируют шумы:

- Электродвигатель;
- Лопастное колесо.

В данной работе объектом исследования является основной источник вибрации и шума – электродвигатель.

В настоящее время на рынке продукции представлены различные типы электродвигателей, их достоинства и недостатки обуславливаются областью применения. Для системы жизнеобеспечения, а именно для привода вентилятора применяются следующие типы двигателей.

Асинхронный двигатель распространен в промышленной сфере, где преобладает трехфазная сеть. Также он обладает упрощенной и надежной конструкцией, его эксплуатация проста, а производство дешевле. Состоит из статора и ротора, разделенных между собой воздушным зазором, при отсутствии контакта между подвижной и неподвижной частями электродвигателя.

Двигатели постоянного тока характеризуется высокой равномерностью угловой скорости вращения и большой перегрузочной способностью. Он состоит из статора и ротора, разделенных между собой воздушным зазором, и коллекторного узла, осуществляющего коммутацию обмоток.

Однако после появления полупроводниковой электроники и микроконтроллеров коллекторный узел был заменен на бесконтактный датчик положения ротора, что существенно увеличило ресурс электродвигателя. Поэтому в настоящее время в мире, в том числе и в России, эти двигатели получили широкое распространение в различных областях техники.

А в зарубежной промышленности по публикациям в Интернете «набирает обороты» производство двигателя, в основе которого лежит физический эффект Халбаха. Суть эффекта заключается в увеличенном значении магнитного момента за счет определенного расположения магнитов в роторе.

Целью данной работы является проектирование электродвигателя с улучшенной акустической характеристикой за счет применения амортизирующего резинового кольца между вращающейся и невращающейся частями электродвигателя, а также и лучшими массогабаритными характеристиками в сравнении с аналогами.

Для обеспечения поставленной цели решается задача разработки технических решений для улучшения акустических и массогабаритных показателей.

Теоретическая значимость работы состоит в систематизации теоретических и практических знаний с целью улучшения акустических характеристик электродвигателя.

Практическая значимость работы состоит в применении полученных знаний в процессе конструирования электродвигателя для малошумного вентилятора.

ВКР состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Введение раскрывает актуальность темы работы, объект исследования, цели и задачи, теоретическую и практическую значимость. Также рассмотрены типы электродвигателей, используемые для приводов вентиляторов.

Первая глава ВКР проводит описание бесконтактного электродвигателя постоянного тока, его принцип действия, указывает на его достоинства и недостатки. Рассматривается формула, описывающая динамику вибрационного режима электродвигателя и основные источники акустических колебаний электродвигателя, которые превращаются в акустический шум. А также проведены габаритные расчеты электродвигателя.

Вторая глава изучает, насколько данная разработка ресурсоэффективна. А именно произведен QuaD и SWOT анализы и разработан план-график проведения работ.

В третьей главе рассматривается, влияние электродвигателя на экологию природы.

## **Глава I Электродвигатель системы жизнеобеспечения**

### **1.1 Бесконтактный двигатель постоянного тока**

Развитие полупроводниковой электроники привело к тому, что в двигателях постоянного тока, обладающих хорошими регулировочными свойствами и достаточной экономичностью, коллекторный узел был заменен на полупроводниковый коммутатор, более надежный, долговечный и обладающий улучшенными акустическими характеристиками.

#### **1.1.1 Описание функциональных узлов**

Бесконтактные электродвигатели постоянного тока (БДПТ) состоят из следующих элементов:

- Статор с  $m$ -фазной обмоткой;
- Ротор;
- Датчик положения ротора;
- Система управления.

Статором является сердечник с уложенной в пазы медной обмоткой.

Ротор выполняется из постоянных магнитов, число пар полюсов которых варьируется от двух до шести. В основном, магниты выполняют из феррита, так как данный материал является самым дешевым и распространенным. Однако недостатком их является низкий уровень магнитной индукции.

Датчик положения ротора обеспечивает обратную связь и по принципу делится на следующие виды:

- Магнитоиндуктивный (в качестве датчика используются дополнительные обмотки);
- Магнитоэлектрический (датчики на основе эффекта Холла);
- Оптоэлектрический (основаны на различных оптопарах, например, светодиод-фотодиод).

В данной работе был использован датчик Холла.

Система управления осуществляет коммутацию токов в обмотках статора.

### 1.1.2 Принцип действия

Принцип работы БДПТ не отличается от синхронного электродвигателя, который состоит в следующем: расположенные на роторе постоянные магниты образуют постоянное магнитное поле. При его взаимодействии с вращающимся полем статора создается вращающий момент, который заставляет вращаться ротор.

При приближении магнита ротора к определённом полюсу, датчик Холла регистрирует магнитное поле определенной полярности и подает сигнал в систему управления. Она в свою очередь подает сигнал включения тех или иных обмоток. Таким образом, полюса постоянных магнитов будут двигаться синхронно с полюсами электромагнитов.

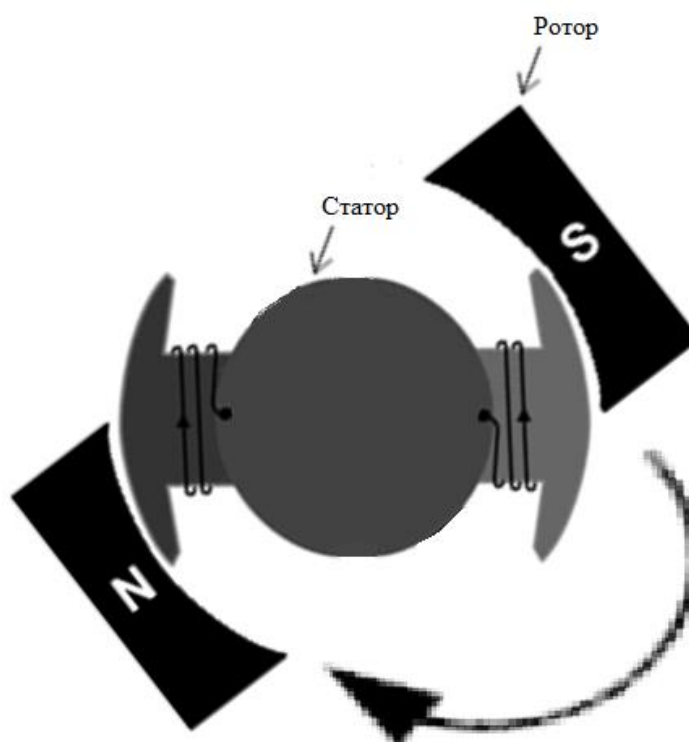


Рисунок 1 – Схема БДПТ

### **1.1.3 Достоинства электродвигателя**

БДПТ обладает следующими преимуществами:

- Улучшенные шумовые характеристики из-за отсутствия коллекторного узла;
- Увеличенный срок службы;
- Увеличенный промежуток времени планового технического обслуживания;
- Высокая надежность.

## 1.2 Динамический режим электродвигателя

### 1.2.2 Причины механических колебаний

Любая механическая система, содержащая элементы упругости и массы, при воздействии на нее постоянной периодической силы (момента) может быть введена в режим колебательного движения [1].

Периодические силы, действующие в процессе работы вентилятора и вызывающие вибрацию, имеют, во-первых, различную техническую основу и, во-вторых, имеют большой массив гармоник.

Одной из периодических вынуждающих сил является неуравновешенность вращающихся элементов конструкции. Поскольку полностью устранить остаточную неуравновешенность невозможно даже при использовании самого совершенного балансировочного оборудования, неизбежно возникает вибрация на частоте вращения.

Кроме того, на опоры действует ряд сил в силу наличия технологических погрешностей:

- Угловое смещение осей – осевая сила с частотой  $f_1$  (первая гармоника);
- Параллельное смещение осей – радиальная сила с частотой  $f_1$ ;
- Неравножесткость оси – радиальная сила с частотой  $2f_1$ .

Большой “вклад” в создании вибрационного режима вносят шарикоподшипниковые опоры:

- Овальность внутреннего кольца – радиальная сила с частотой  $2f_1$ ;
- Перекос внешнего кольца – осевая сила с частотой  $f_1$ ;
- Повышенные зазоры – удары с частотой  $f_2 = \frac{D}{d_{ш}} f_1 z$ ,

где  $z$  – число шариков,

$D$  – диаметр наружного кольца,

$d_{ш}$  – диаметр шариков.

- Неуравновешенность сепаратора – сила с частотой  $f_3 = \frac{f_1 D}{2(D+d_{ш})}$ ;



### 1.2.2 Динамика вибрационного движения электродвигателя

При вынужденных колебаниях механической системы с гармоническим возмущением технический интерес представляет установившаяся реакция этой системы на вышеуказанное возмущение.

Электродвигатель представляет слабодемпфированную механическую систему, которую в первом приближении для нашего случая можно представить, как показано на рисунке 2.

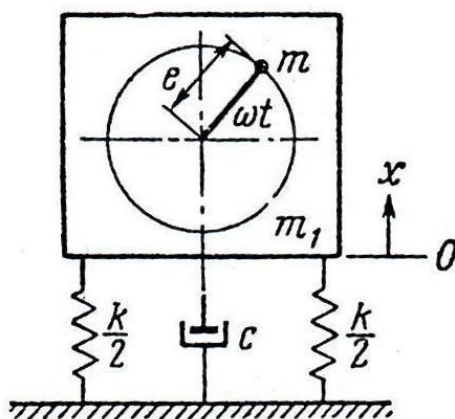


Рисунок 2 – Колебательная система

Динамику движения этой механической системы можно описать дифференциальным уравнением

$$m_1 \ddot{x} + kx = F_{\Sigma} \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $m$  – масса электродвигателя;

$k$  – жесткость конструкции электродвигателя;

$F_{\Sigma}$  – сумма всех возмущающих сил.

Из уравнения (1) следует, что электродвигатель является генератором вибрационного движения любой механической системы, частью которой он будет являться.

Решение для дифференциального уравнения общеизвестно

$$x = A_1 \cos \omega_c t + A_2 \sin \omega_c t + \frac{F_{\Sigma}}{(1-r^2)k} \sin \omega t,$$

где  $\omega_c$  – собственная частота;

$\omega$  – частота вынужденных колебаний;

$A_1$  и  $A_2$  – произвольный коэффициенты;

$$r = \frac{\omega_c}{\omega}.$$

Принимая начальные условия

$$x(0) = x_0; \dot{x}(0) = \dot{x},$$

общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения 2-го порядка будет иметь вид

$$x = x_0 \cos \omega_c t + \left( \frac{\dot{x}_0}{\omega_c} - \frac{F_\Sigma}{(1-r^2)k} r \right) \sin \omega_c t + \frac{F_\Sigma}{(1-r^2)k} \sin \omega t$$

Первые два члена уравнения описывают переходное движение, а третий член описывает установившуюся реакцию.

Установившаяся реакция в безразмерных единицах может быть представлена на рисунке 3.

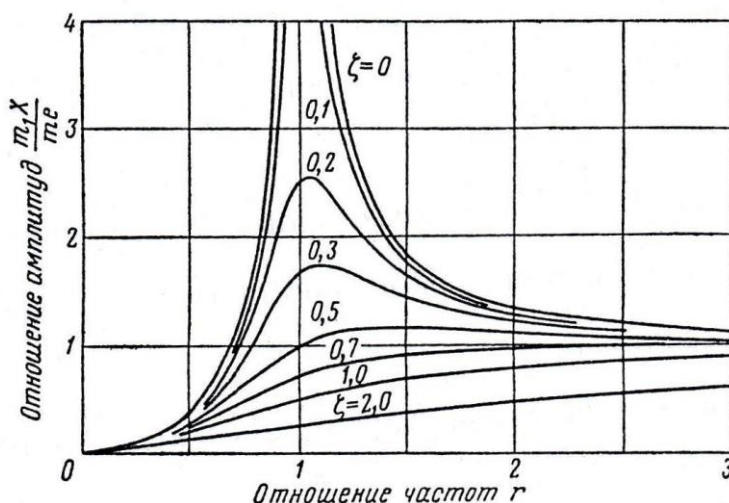


Рисунок 3 – Установившаяся реакция на возмущение системы

Из графиков, представленных на рисунке 3, видно, что амплитуда колебаний зависит от отношения частот собственных и вынужденных колебаний и коэффициента демпфирования  $\xi$ .

Поэтому при проектировании надо добиваться максимального значения коэффициента  $\xi$ . Для этого в конструкцию двигателя введено на ш/п опоры промежуточная резиновая втулка.

Проектирование проведено в рамках задания на бакалаврскую ВКР. Дальнейшее исследование будет продолжено в магистерской диссертации.

## **Глава II Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Для того, чтобы разработка была перспективной и вошла в производство, необходимо не только создать уникальный продукт, но и оценить, насколько он представляет коммерческую ценность для инвесторов. Поэтому в данном разделе происходит анализ разработки согласно современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

### **2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **2.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результата данного исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться разработка в будущем.

Сегмент рынка – особым образом выделенная часть рынка, обладающая общими признаками.

Сегментирование – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определённый товар.

Результаты исследования представлены на рисунке 7.

	Сфера применения			
	Бытовые	Производственные	Средства передвижения	Генераторы
Зарубежные				
Отечественные				

 – низкая конкуренция;  – высокая конкуренция

Рисунок 7 – Карта сегментирования рынка электродвигателей по сфере применения

На данном рисунке мы можем видеть, в каких нишах в России уровень конкуренции низок. Таким образом, разработка ориентирована может занять производственную сферу применения.

### 2.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки по отношению к конкурентам. Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, для которой были отобраны два конкурентных товара.

В качестве конкурентов в таблице 1 представлены следующие электродвигатели:

$K_1$  – электродвигатель производителя АО «НПЦ «Полюс». Он является двигателем постоянного тока, в качестве датчика положения ротора (ДПТР) применяется магнитоиндукционный ДПТР. Он имеет несколько преимуществ перед остальными конкурентами – отсутствие щеточно-коллекторного узла, который являлся главным источником шума и наличие особого подшипникового узла, который уменьшает вибрации и шумы в результате биения шариков в подшипниках. Недостатком являются большие габариты и масса электродвигателя, что увеличивает стоимость полета в космос.

$K_2$  – электродвигатель производителя ПАО «Ярославский завод «Красный Маяк». Асинхронный трехфазный электродвигатель. Преимущество – надежность и простота исполнения. Недостатки –

повышенные массогабаритные характеристики и отсутствие технических решений для уменьшения вибро-шумовых характеристик.

Ф - электродвигатель, представленный в основной части работы. Он является двигателем постоянного тока с магнитоэлектрическим датчиком положения ротора. Преимуществом является наличие амортизационной резиновой втулки под подшипниками, которая уменьшает вибрации и шумы, исходящие от подшипников. Также за счет применения датчиков Холла и электронного блока управления уменьшаются масса и габариты. Недостатками являются наличие открытых вращающихся частей и отсутствие технических решений для борьбы с высшими гармониками.

Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Надежность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
2.Уровень шума	0,2	4	4	3	0,8	0,8	0,6
3.Уровень вибрации	0,2	4	4	3	0,8	0,8	0,6
4.Массогобаритные характеристики	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
5.Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
6.Потребность в регулярном ТО	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
7.Удобство регулирования частотой вращения	0,05	5	4	2	0,25	0,2	0,1
8.Помехоустойчивость	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
9.Безопасность	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
Итого	1				4,15	3,97	3,17
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,33	5	4	4	1,65	1,32	1,32
2.Предполагаемый срок эксплуатации	0,34	5	5	5	1,7	1,7	1,7
3.Цена	0,33	4	4	5	1,32	1,32	1,65
Итого	1				4,67	4,34	4,67

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B<sub>i</sub> – вес показателя (в долях единицы);

B<sub>i</sub> – балл i-го показателя.

Таким образом, основываясь на знаниях о конкурентах, можно сделать вывод, что их позиции имеют некоторую уязвимость относительно разработки, а именно: недостаточно улучшенные показатели шума, вибрации

и массогабаритных характеристик. Разработка имеет конкурентное преимущество перед другими образцами, что поможет завоевать доверие покупателей.

### 2.1.3 Технология QuaD

Данная технология представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Показатели оценки качества подбираются с учетом различных особенностей разработки. Для упрощения процедуры проведения QuaD результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5·2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1.Помехоустойчивость	0,1	60	100	0,6	0,06
2.Надежность	0,1	70	100	0,7	0,07
3.Уровень шума	0,15	80	100	0,8	0,12
4.Уровень вибраций	0,15	80	100	0,8	0,12
5.Безопасность	0,05	60	100	0,6	0,03
6.Простота эксплуатации	0,1	80	100	0,8	0,08
7.Ремонтопригодность	0,1	70	100	0,7	0,07
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
8.Конкурентоспособность продукта	0,1	70	100	0,7	0,07
9.Перспективность рынка	0,1	80	100	0,8	0,08
10.Цена	0,05	60	100	0,6	0,03
Итого	1			7,1	0,73

Оценка качества и перспективности технологии по QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum B_i \cdot Б_i,$$

где  $П_{ср}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Таким образом, средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки находится в промежутке от 0,79 до 0,6, а именно: 0,73. Это значит, что перспективность такой разработки выше среднего. То есть покупателям можно инвестировать средства в текущую разработку и направление ее улучшения.

#### **2.1.4 SWOT-анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности), Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательской разработки для исследования ее внешней и внутренней среды.

Он проводится в несколько этапов.

Первый – заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, а также в выявлении возможностей и угроз для реализации разработки, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде.

Сильные стороны:

- Отсутствие щеточно-коллекторного узла;
- Понижение вибро-шумовых характеристик;
- Уменьшение массогабаритных характеристик;
- Наличие датчиков Холла;
- Быстрый доступ к электронной аппаратуре в блоке управления.

Слабые стороны:

- Незавершенность расчетной части;
- Отсутствие прототипа научной разработки;
- Более дорогая стоимость производства;
- Наличие открытых вращающихся частей электродвигателя;
- Наличие дополнительных преобразователей для уменьшения значения напряжения питания.



#### Возможности:

- Появление дополнительного спроса на новый продукт;
- Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;
- Государственное финансирование новых разработок;
- Уменьшение себестоимости разработки за счет сотрудничества с местными предприятиями;
- Улучшение разработки за счет привлечения молодых специалистов из томских вузов.

#### Угрозы:

- Отсутствие спроса на новые технологии производства;
- Развитая конкуренция технологий производства;
- Открытие новых физических эффектов;
- Несвоевременное финансирование разработки;
- Таможенные пошлины на зарубежные комплектующие.

После того, как были сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап – выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательской разработки внешним условиям окружающей среды. Полученное соответствие или несоответствие должно помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа была построены интерактивные матрицы разработки (таблицах 4-7), которые помогают разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрица SWOT.

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	-	-
	B3	0	0	0	+	0
	B4	+	+	+	+	-
	B5	+	+	+	-	+

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта полей «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	+	+	-	-	+
	B3	-	-	+	-	-
	B4	-	-	+	-	+
	B5	+	+	-	+	+

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	0	-
	У2	+	+	+	+	+
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	+	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта полей «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	+	0	-	-
	У5	-	+	+	-	-

Результаты анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательской разработки:</b> С1. Отсутствие щеточно-коллекторного узла; С2. Понижение вибро-шумовых характеристик; С3. Уменьшение массогабаритных характеристик; С4. Наличие датчиков Холла; С5. Быстрый доступ к электронной аппаратуре в блоке управления	<b>Слабые стороны научно-исследовательской разработки:</b> Сл1. Незавершенность расчетной части; Сл2. Отсутствие прототипа научной разработки; Сл3. Более дорогая стоимость производства; Сл4. Наличие открытых вращающихся частей электродвигателя; Сл5. Наличие дополнительных преобразователей для уменьшения значения напряжения питания.
<b>Возможности:</b> В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В3. Государственное финансирование новых разработок; В4. Уменьшение себестоимости разработки за счет сотрудничества с местными предприятиями; В5. Улучшение разработки за счет привлечения молодых специалистов из томских вузов.	В1С1С2С3С4С5; В2С1С2С3; В3С4; В4С1С2С3С4; В5С1С2С3С5.	В2Сл1Сл2; В3Сл3; В4Сл3Сл5; В5Сл1Сл2Сл4Сл5.
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2. Развитая конкуренция технологий производства; У3. Открытие новых физических эффектов; У4. Несвоевременное финансирование разработки; У5. Таможенные пошлины на зарубежные комплектующие	У1С1С2С3; У2С1С2С3С4С5; У5С4.	У2Сл4; У4Сл2; У5Сл2Сл3.

Таким образом, согласно SWOT-анализу можно наглядно увидеть, какие сильные и слабые стороны имеет научно-исследовательская работа, а также ее возможности и угрозы. И исходя из полученных данных видны пути улучшения разработки, для того, чтобы на рынке она оставалась перспективной.

## 2.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В данной работе объект исследования находится на стадии разработки, поэтому для поиска способов улучшения используем морфологический подход.

Морфологический подход – исследование всех возможных теоретических вариантов, вытекающих из закономерности строения объекта исследования. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Проблема исследования – уменьшение вибро-шумовых и массогабаритных характеристик электродвигателя.

Морфологические характеристики электродвигателя:

- Статор;
- Ротор;
- Опоры вала;
- Датчик положения ротора;
- Блок управления.

Таблица 9 – Морфологическая матрица для электродвигателя

	1	2	3
А. Статор	Внешний	Внутренний	
Б. Ротор	Внешний	Внутренний	
В. Опоры вала	Подшипники скольжения	Подшипники качения	Газостатическая опора
Г. Датчик положения ротора	Магнитоиндукционный	Магнитоэлектрический	Оптоэлектрический
Д. Блок управления	Вручную	Удаленно	Автоматически

Таким образом, при грамотной комбинации представленных вариантов, можно получить несколько альтернативных конструкций электродвигателя.

## **2.3 Планирование научно-исследовательской работы**

Для выполнения работы необходимо осуществлять ее планирование. Оно происходит в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для наглядности строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Календарный план-график проведения ВКР по теме  
«Электродвигатель системы жизнеобеспечения космических аппаратов»

№ ра- бот	Вид работ	Число кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
			февр.		март			апрель			май			июнь		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Утверждение темы работы	1	■													
2	Составление ТЗ	4	■													
3	Изучение литературы	10	■	■												
4	Календарное планирование работ	1		▮												
5	Расчет габаритных характеристик	5		▮												
6	Разработка кинематической схемы объекта	5			▮											
7	Разработка сборочного чертежа	40			▮	▮	▮	▮	▮							
8	Разработка 3D-модели	20							▮	▮	▮					
9	Написание дополнительных глав ВКР	20									▮	▮	▮			
10	Заключение	1											▮			
11	Предзащита	1												▮		
12	Корректировка ВКР по результатам предзащиты	5												▮		

▤ – инженер; ■ – руководитель

### **Глава III Социальная ответственность**

В данном разделе рассмотрены положения, связанные с организацией рабочего места и условий, в которых будет проходить разработка идеи для выпускной квалификационной работы, а именно расчеты и создание визуальной 3D модели электродвигателя для экипажа космических станций, имеющего пониженные шумовые и массогабаритные характеристики, проведенной в соответствии с нормами техники безопасности, охраны окружающей среды и труда.

После реализации разработка, полученная в ходе написания ВКР, будет использоваться на космических станциях для нормального жизнеобеспечения экипажа.

Рабочее место разработчика представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером (ПК), на котором установлено обеспечение, необходимое для конструирования электродвигателя. Поэтому выполняемая работы сводится к взаимодействию с ПК.

В данном разделе представлен комплекс мероприятий по минимизации негативного воздействия факторов, возникающих при работе с ПК. Благодаря проведению данного комплекса можно улучшить производительность труда. Также показаны возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на рабочем месте, и действия по предупреждению этих ситуаций.



### 3.1 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке электродвигателя.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [3].

Перечень опасных и вредных факторов, характерных при проектировании электродвигателя постоянного тока, представлен в таблице 11.

Таблица 11 - Опасные и вредные факторы при проектировании электродвигателя постоянного тока

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1.Расчет параметров электродвигателя; 2.Составление технической документации; 3.Проектирование 3D-модели.	1.Отклонение параметров микроклимата; 2.Повышенный уровень статического напряжения; 3.Повышенный уровень электромагнитного излучения; 4.Отсутствие или недостаток естественного света; 5.Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.	– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организацией работы [4]; – СП 52. 13330.2011 Естественное и искусственное освещение[5]; –ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [6].

Далее будут рассмотрены более подробно выявленные вредные и опасные факторы. Каждый фактор рассматривается в определенной последовательности, а именно: источник возникновения фактора, физико-

химическая природа фактора, приведение допустимых норм с необходимой размерностью, предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора.

### 3.1.1 Отклонение параметров микроклимата

Согласно СанПиНу 2.2.2/2.4.1340-03 в помещениях с использованием ПЭВМ оптимальные параметры микроклимата должны обеспечиваться для категории работ 1а и 1б. Эти параметры описаны в СанПиН 2.2.4.548-96 [7] и представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24		
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25		

При случае, если параметры выходят за установленные пределы, нужно воспользоваться отопительными системами и системами кондиционирования помещений.

### 3.1.2 Повышенный уровень статического напряжения

Часто при прикосновении к какому-либо элементу ПЭВМ могут возникнуть токи статического электричества. Для человека такие токи опасности не представляют, а вот оборудование может выйти из строя.

Для того, чтобы подобной ситуации не произошло, необходимо ежедневно проводить влажную уборку рабочего места, уменьшая количество пыли; постоянно проветривать и увлажнять воздух и обязательно заземлять рабочее оборудование.

### **3.1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения**

Источником ионизирующего излучения является монитор. При длительном влиянии этого излучения могут происходить различные нарушения нормального функционирования организма, например, нарушение нормальной свертываемости крови, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям, а также появлению и развитию раковых клеток. Нарушения работы затрагивает не только сердечно-сосудистую систему, но и нервную и эндокринную.

Для минимизации действия данного фактора нужно сокращать время работы с источником излучения, увеличивать расстояние от экрана до рабочего, экранировать источники излучения с помощью материалов, поглощающих излучения и подключать ПЭВМ к розетке через нейтрализатор электрического поля.

### **3.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

При работе с ПЭВМ органы зрения выдерживают большую физическую нагрузку с одновременным постоянным напряженным характером труда, что приводит к нарушению функционального состояния зрения. Одной из главных причин такого нарушения является недостаточная освещенность рабочей зоны. Поэтому необходимо, чтобы помещение имело общее равномерное освещение. Если же такого освещения недостаточно, то следует применять местное освещение.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность на поверхности стола должна лежать в пределах 300 – 500 лк и не создавать бликов на поверхности экрана.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами. Следует применять системы комбинированного освещения.

Освещение в помещении должно осуществляться люминесцентными источниками света в потолочных светильниках. Местные светильники должны иметь не просвечивающие отражатели и располагаться на уровне

линии зрения, чтобы не вызывать ослепления. Если освещенность не достигает указанных пределов, то следует пересмотреть проектировку размещения устройств освещения.

### **3.1.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, которое может пройти через тело человека**

Персональный компьютер – это оборудование, которое работает с помощью электроэнергии. Поэтому в может произойти ситуация, когда ток может пройти через тело человека.

Пороговым (ощутимым) является ток около 1 мА. При большем токе человек может ощущать неприятные болезненные сокращения мышц. Ток 100 мА считают смертельным.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме ПК, не должны превышать значений, указанных в таблице 13.

Таблица 13 – Значения напряжения прикосновения и токов

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Для минимизации действия данного фактора нужно следить за целостностью корпуса ПК и изоляцией кабелей питания, а также не использовать неисправные розетки.

### 3.2 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия разработки на окружающую среду. Необходимо последовательно рассмотреть, как электродвигатель и используемые для его создания материалы будут влиять на атмосферу, гидросферу, литосферу и предложить решения по обеспечению экологической безопасности.

При правильной эксплуатации электродвигателя в системе жизнеобеспечения экипажа космических станций выделение вредных веществ в окружающую среду не происходит, так как технология выработки электроэнергии происходит с помощью солнечной энергии.

Для того, чтобы объект был полностью экологически безопасным, нужно правильно выстроить его жизненный цикл (рисунок 8). Таким образом, нельзя забывать об его утилизации, которая должна происходить в соответствии с инструкциями.

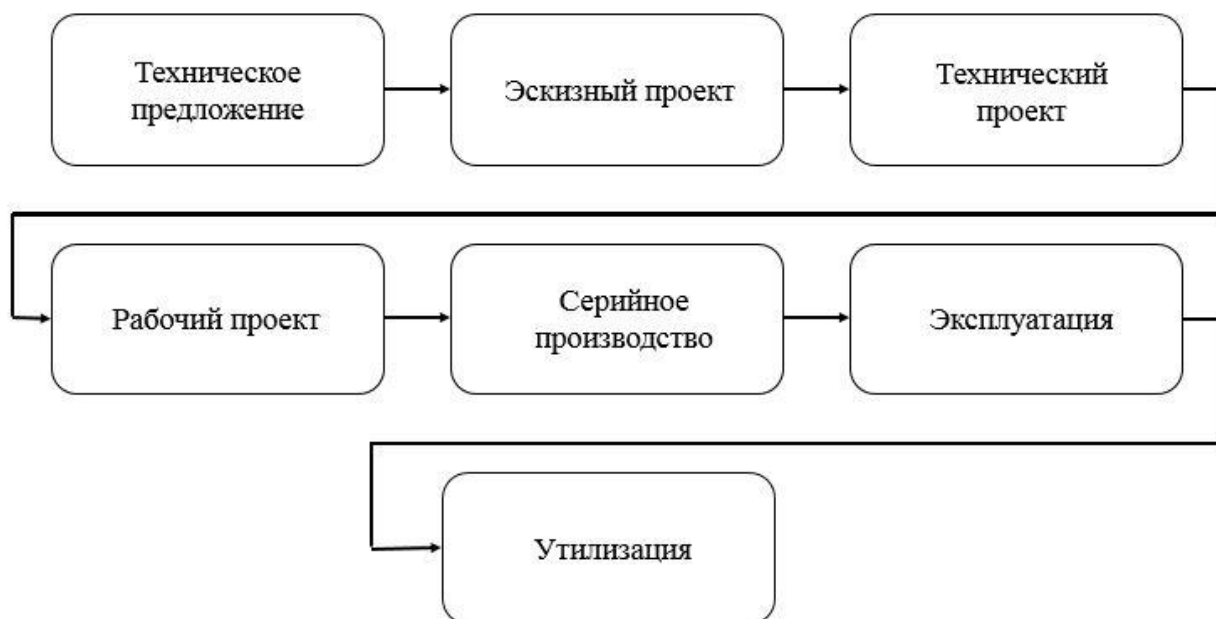


Рисунок 8 – Жизненный цикл электродвигателя

### 3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном подразделе рассматриваются вероятные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации проектируемого решения. Чрезвычайные ситуации (ЧС) могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Прежде всего, рассматриваются вероятные источники чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в процессе разработки электродвигателя. Далее необходимо разработать превентивные меры по предупреждению возникновения ЧС. И разработать порядок действия в результате возникновения ЧС и меры по ликвидации ее последствий.

Наиболее характерной ЧС при разработке электродвигателя является пожар. Возникновение других видов ЧС – маловероятно. Основы пожарной безопасность определены по ГОСТ 12.1.004 [8] и ГОСТ 12.1.010 [9].

Высокая плотность элементов электронных схем, размещенные в непосредственной близости соединительные провода и кабели, применение горючих изоляционных материалов – все это является причиной пожарной опасности ПС.

Производства, согласно определению категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывной и пожарной безопасности, делятся на категории А, Б В, Г, Д. Хотя помещение, где происходит разработка объекта исследования, и не содержит легковоспламеняющиеся вещества и материалы в горячем состоянии, однако относятся к категории пожароопасных В.

Классы пожаров по ГОСТ 27331-87 (СТ СЭВ 5637-86) [10], которые могут возникнуть в таких помещениях с большой степенью вероятности относятся к классам А и Е. Класс А – когда в помещении могут гореть твердые вещества; класс Е – когда пожары возникают в результате возгорания электрооборудования. Упоминание о самостоятельном классе пожара Е – объект тушения (электроустановки), находящийся под напряжением, появилось позднее в нормативных документах. В частности, в НПБ 166-97

«Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации» [11]. В ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в РФ» [12] (приложение 3 «Определение необходимого количества первичных средств пожаротушения») класс Е обозначен как пожары, связанные с горением электроустановок.

При горящем электрооборудовании, которое находится под напряжением, недопустимо применение воды и пены из-за опасности повреждения электрическим током и из-за опасности полного выхода из строя дорогостоящего электронного оборудования. Поэтому для тушения пожаров в данном случае необходимо применять углекислотные и порошковые огнетушители, которые обладают высокой скоростью тушения, и высокой эффективностью борьбы с огнем. Воду разрешено использовать только во вспомогательных помещениях.

Для предотвращения пожара необходимо:

- все виды кабелей следует прокладывать в металлических газонаполненных трубах;
- правильно проводить эксплуатацию приборов;
- вовремя проводить обслуживающие, ремонтные и профилактические работы ПС;
- проводить противопожарный инструктаж сотрудников;
- организация добровольных пожарно-технических комиссий;
- наличие наглядных пособий и т.п.

При обнаружении пожара или признаков горения каждый работник в лаборатории обязан:

- убрать из помещения все огне- и взрывоопасные вещества, обесточить электроустановки;
- немедленно сообщить о очаге возгорания в пожарную охрану;
- принять меры к тушению очага возгорания при помощи огнетушителя;

- принять по возможности меры по эвакуации людей, сохранности материальных ценностей.



### **3.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **3.4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства**

В области обеспечения безопасности жизнедеятельности правовой основой законодательства является Конституция. Поэтому законы и правовые акты, принимаемые в Российской Федерации, не должны ей противоречить.

Отношения между организацией и работниками, касающиеся трудового распорядка, оплаты труда, социальных отношений и пр., регулируются законодательством РФ.

Нормальная продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Работникам до 16 лет – не более 24 часов в неделю, 16 – 18 лет и для инвалидов первой и второй групп – не более 35 часов в неделю, работникам, чья работа отнесена к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов в неделю. Для беременной женщины и для одного из родителей, имеющего ребенка до 14 лет или ребенка инвалида в возрасте до 18 лет, возможно установление неполных рабочих дней.

Необходимо проводить перерывы в трудовой деятельности продолжительностью 10 – 15 минут каждый час работы. Эти перерывы в работе должны включаться в общее трудовое время, а также увеличиваться на 30%, если сотрудник работает за компьютером в ночное время.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Если работа происходит с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

### **3.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

В данном пункте приводятся эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя для создания комфортной рабочей среды.

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [13]. Рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающего способностью накапливать статическое электричество. При выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать рабочие столы исследователей друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м.

В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 рабочий стул не должен нарушать кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте, и должен позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Рабочий стул должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сидения и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сидения, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

## **Заключение**

В ходе работы был рассчитан и сконструирован электродвигатель постоянного тока системы жизнеобеспечения для экипажа космических станций, обладающий улучшенными акустическими и массогабаритными показателями, отвечающими современным тенденциям развития науки и техники.

Поставленные в техническом задании технические требования достигнуты полностью за счет использования бесконтактного электродвигателя постоянного тока, применения конструкции с внешним ротором, а в качестве датчика положения ротора был использован датчик на основе эффекта Холла. В целях снижения виброактивности электродвигателя в конструкции его применены амортизаторы в виде резиновых втулок, встроенных в шарикоподшипниковые опоры.

Был произведен анализ рынка электродвигателей и выбрана ниша, в которой уровень конкуренции наиболее низок. Анализ конкурентных технических решений показал, в каких параметрах конкуренты уязвимы, и на что нужно обратить внимание при разработке собственного электродвигателя, а именно: улучшение массогабаритных и вибро-шумовых характеристик. По окончании проектирования нового продукта важно оценить, насколько он перспективен, поэтому был проведен QuaD анализ, результат которого показал, инвестировать в данный проект можно, так как его перспективность выше среднего. Согласно SWOT-анализу можно наглядно увидеть, какие сильные и слабые стороны имеет научно-исследовательская работа, а также ее возможности и угрозы. И исходя из полученных данных видны пути улучшения разработки, для того, чтобы на рынке она оставалась перспективной. Однако любая конструкция требует улучшения характеристик, поэтому поиски альтернативных путей нужно проводить через морфологический подход.

Также был разработан календарный план-график работ.

Было рассмотрено влияние электродвигателя на экологическую безопасность. Вибрации и шумы оказывают пагубное влияние на организм человека. Таким образом, технические решения, предложенные в данной ВКР, однозначно уменьшают это влияние.

В предполагаемом продолжении работы будут продолжены расчетные и проектные этапы по улучшению технических параметров малошумного вентилятора на базе применения новых материалов (в том числе и композиционных) и технических решений.

### Список публикаций студента

1. Шарпаев И.В., Куприянова У.Е. Источники шума вентиляторов и методы борьбы с ними // Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2017/2358/33821>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Куприянова У.Е., Шарпаев И.В. Малошумные двигатели для системы жизнеобеспечения подвижных объектов // Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2018/3034/4730>, свободный. – Загл. с экрана.

### **Список использованных источников**

1. Цзе Ф.С., Морзе И.Е., Хинкл Р.Т. Механические колебания. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1966. – 508 с.
2. Клюкин И.И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. – Л.: Судостроение, 1971. – 415 с.
3. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 16 с.
4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организацией работы. – М.: Минздрав России, 2003. – 56 с.
5. Свод правил: СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. – М.: Минздрав России, 2016. – 75 с.
6. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 7 с.
7. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 2001. – 20 с.
8. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.
9. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.
10. ГОСТ 27331-87 (СТ СЭВ 5637-86) Пожарная техника. Классификация пожаров. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. – 6 с.
11. Нормы пожарной безопасности: НПБ 166-97 «Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации». – М.: ВНИИПО, 1998. – 24 с.

12. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ // Проспект. – 2008г. – 103 с.
13. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.